

Gen-A201

Высоковольтный источник сигналов. Руководство пользователя.
Версия 1.3 · Ноябрь 2025 ·



1. Общие сведения

1.1 Назначение документа

Настоящий документ является руководством пользователя для высоковольтного генератора сигналов Gen-A201. Руководство содержит сведения, необходимые для безопасной установки, подключения, эксплуатации и базового технического обслуживания устройства в составе испытательных и лабораторных стендов.

Руководство предназначено для инженеров и технических специалистов, которые:

- планируют использовать Gen-A201 в составе своих установок;
- отвечают за безопасность работ и соответствие локальным нормам по электробезопасности;
- выполняют настройку профилей, запуск испытаний и анализ результатов.

Руководство не является учебником по электробезопасности или высоковольтной технике. Пользователь обязан иметь соответствующую подготовку и ориентироваться в общих принципах работы с опасными напряжениями.

1.2 Область применения устройства

Gen-A201 предназначен для профессионального лабораторного и испытательного применения в помещениях с контролируемыми условиями:

- внутри зданий (indoor use only);
- при отсутствии значительных количеств пыли, грязи, токопроводящих отложений и конденсации влаги;
- в среде, не содержащей взрывоопасных газовых смесей и коррозионно-активных паров.

Устройство относится к оборудованию для измерений, управления и лабораторного использования и рассчитано на работу в составе профессиональных испытательных и исследовательских установок.

Gen-A201 не является бытовым или потребительским устройством и не предназначен для применения вне контролируемых лабораторных или производственных условий.



Рис. 1: Высоковольтный источник сигналов Gen-A201.

1.3 Требования к квалификации персонала

К работе с устройством допускается только персонал, который:

- прошёл обучение по электробезопасности, включая работу с опасными напряжениями;
- знаком с основными понятиями: «опасное напряжение», «остаточный заряд», «защитное заземление», «категория измерений»;
- внимательно изучил настоящее руководство и локальные инструкции по охране труда;
- понимает, что неправильная эксплуатация устройства может привести к тяжёлым травмам, поражению электрическим током и повреждению оборудования.

Обучение работе с Gen-A201 и ответственность за допуск персонала к эксплуатации несёт организация-пользователь. Производитель не осуществляет удалённого контроля за квалификацией операторов и не может отвечать за ошибки персонала.

1.4 Ограничения по применению

ОПАСНОСТЬ

Gen-A201 категорически запрещается использовать:

- в системах жизнеобеспечения и медицинской диагностике;
- как часть устройств, от которых напрямую зависит безопасность людей (системы аварийной защиты, управления транспортом и т.п.);
- в ядерных, химически опасных и взрывоопасных объектах, если это не подтверждено отдельным письменным соглашением с производителем.

Устройство предназначено исключительно для:

- лабораторных и исследовательских работ;
- испытаний и настройки образцов и макетов;
- применения в учебных и R&D-лабораториях под контролем квалифицированного персонала.

Любое использование Gen-A201 вне указанной области применения (включая медицинские, бытовые, самодельные и несертифицированные установки) осуществляется исключительно на риск пользователя. Производитель не даёт никаких гарантий пригодности устройства для таких целей.

1.5 Ответственность производителя и пользователя

Конкретные схемы применения, типы нагрузок и режимы испытаний выбираются и анализируются пользователем самостоятельно.

Производитель:

- отвечает за соответствие поставленного устройства заявленным техническим характеристикам в пределах гарантийных условий;
- не несёт ответственности за:
 - схемные решения, реализованные пользователем;
 - подбор и состояние внешних нагрузок, кабелей, ограждений и средств защиты;
 - соблюдение локальных норм по электробезопасности, EMC и охране труда;
 - любой косвенный, сопутствующий или последующий ущерб (повреждение испытательного объекта, простой оборудования, упущенную выгоду и т.п.), возникший при использовании устройства, за исключением случаев, прямо предусмотренных применимым законодательством.

Пользователь:

- несёт полную ответственность за проектирование,

проверку и эксплуатацию конкретной установки, в которую включён Gen-A201;

- обязан обеспечить:
 - надлежащее защитное заземление и ограждение опасных частей;
 - правильный выбор режимов, профилей и параметров испытаний;
 - обучение и инструктаж персонала;
 - выполнение всех требований настоящего руководства и локальных нормативных документов.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Используя устройство, пользователь подтверждает, что принимает на себя ответственность за соблюдение требований настоящего руководства и всех применимых национальных норм. В случае противоречия между настоящим документом и обязательными требованиями законодательства приоритет имеют требования законодательства.

1.6 Нормативные ссылки и отсутствие сертификации

Для проектирования и оценки безопасности испытательных установок с участием Gen-A201 пользователю рекомендуется ориентироваться, в частности, на следующие стандарты:

- **ГОСТ ИЕС 61010-2-010— 2024** — требования безопасности к электрическому оборудованию для измерения, управления и лабораторного применения.

На момент выпуска настоящего документа устройство Gen-A201 не заявлено как сертифицированное по указанным стандартам. Ссылки приведены для удобства пользователя как пример общепринятых подходов к обеспечению безопасности и EMC. Обязанность по соблюдению применимых в конкретной стране норм и прохождению необходимых процедур оценки соответствия лежит на организации-пользователе.

2. Общие меры безопасности при работе с высоковольтным оборудованием

ОПАСНОСТЬ

Устройство Gen-A201 формирует **опасные для жизни и здоровья человека высокие напряжения** до 20 кВ. При неправильной эксплуатации возможно смертельное поражение электрическим током, ожоги, неконтролируемый пробой изоляции и повреждение оборудования. Никогда не прикасайтесь к выводам высоковольтных каналов и связанным с ними проводникам при включённом устройстве.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Работы с устройством Gen-A201 разрешается выполнять только персоналу, прошедшему обучение по электробезопасности и знакомому с настоящим руководством. Не работайте в одиночку: при любых операциях с подключённой высоковольтной нагрузкой в помещении должен находиться второй человек, способный вызвать помощь и отключить питание. Не оставляйте работающее устройство без присмотра!

Несоблюдение ограничений по напряжению, току и типу нагрузки может привести к выходу прибора и испытываемого устройства из строя, а также к ложным срабатываниям защит. Всегда проверяйте правильность подключений.

Настоящий раздел описывает общие меры безопасности и не заменяет национальные и отраслевые нормы по электробезопасности. Пользователь обязан соблюдать действующие в его стране стандарты и правила.

2.1 Общие положения

- Gen-A201 относится к оборудованию, работающему с опасными напряжениями. Даже токи единиц миллиампер при высоком напряжении могут быть опасны из-за пути протекания тока через тело, длительности воздействия и ёмкостных эффектов.
- Всегда предполагается, что выводы и подключённая нагрузка находятся под опасным напряжением, пока не доказано обратное измерением и/или выдержкой времени разряда.
- Все работы по подключению, переподключению нагрузки, обслуживанию и проверке должны выполняться в соответствии с настоящим руководством и локальными инструкциями по охране труда.

2.2 Персонал и организация работ

- К работе с Gen-A201 допускается только персонал:

- прошедший обучение по электробезопасности;
- знакомый с понятиями «опасное напряжение», «остаточный заряд», «защитное заземление»;
- прочитавший и понимающий настоящее руководство.

- Запрещается выполнять работы под воздействием алкоголя, наркотических или психотропных веществ, а также при плохом самочувствии.
- При операциях с подключённой высоковольтной нагрузкой:
 - не работайте в одиночку;
 - заранее оговорите с напарником порядок действий при аварии (отключение питания, вызов службы спасения).

2.3 Рабочее место

- Рабочее место должно быть:
 - сухим, чистым, хорошо освещённым;
 - свободным от посторонних металлических предметов и проводящих мусорных материалов;
 - организовано так, чтобы был свободный доступ к органам аварийного отключения.
- Рекомендуется использовать заземлённую защитную ограждающую конструкцию (safety enclosure) вокруг испытываемого участка, особенно при напряжениях десятков киловольт.
- Пол в зоне работы должен быть изолирующим либо покрыт диэлектрическим ковриком, исключающим хороший контакт человека с землёй.
- Убедитесь, что поблизости размещены средства пожаротушения, разрешённые для использования в электрических установках.

2.4 Средства индивидуальной защиты

При проведении любой работы с высоковольтными цепями и нагрузками:

- надевайте диэлектрические перчатки, подходящие по классу напряжения;
- используйте защитные очки или лицевой щиток, особенно при работе с открытыми проводниками и конденсаторными нагрузками;
- используйте обувь с изолирующей подошвой;
- снимите часы, кольца, браслеты и другие металлические украшения;
- при необходимости работайте одной рукой, удерживая вторую на безопасном расстоянии от любых проводящих частей (уменьшение вероятности прохождения тока через область сердца).

2.5 Заземление и эквипотенциальные соединения

- Перед включением прибор должен быть подключён к защитному проводнику (PE) в соответствии с указаниями раздела «Подготовка к работе и подключение».
- Заземляющий зажим на корпусе необходимо подключить к системе уравнивания потенциалов рабочей зоны.
- Никогда не отключайте и не модифицируйте цепи заземления во время работы устройства.
- Не допускается подключение Gen-A201 к сетям питания, не соответствующим требованиям по защитному заземлению и уровню перенапряжений.

2.6 Безопасная работа с выходами Gen-A201

- Подключение и отключение выходных высоковольтных кабелей и нагрузки производите только при отключённом выходе и снятом сетевом питании устройства, если иное явно не предусмотрено в специальных режимах работы.
- Перед включением:
 - проверьте маркировку выходов и соответствие подключений (канал 1/канал 2);
 - убедитесь в исправности кабелей и отсутствии повреждений изоляции;
 - убедитесь, что свободные концы кабелей и нагрузка надёжно закреплены и не могут самопроизвольно сместиться.
- Не допускайте расположения высоковольтных проводников в непосредственной близости от:
 - металлических конструкций, не подключённых к земле;
 - проводников управления и связи;
 - легко воспламеняемых материалов.
- Соблюдайте безопасную дистанцию от открытых частей цепи. При десятках киловольт возможен воздушный пробой и поверхностные токи по загрязнённой или влажной изоляции.

2.7 Остаточный заряд и конденсаторы

- Высоковольтные цепи и подключённые элементы (включая кабели и нагрузку) могут сохранять значительный заряд после отключения. Опасное напряжение может сохраняться секунды и минуты, в зависимости от ёмкости и сопротивления утечки.
- После отключения выходов и/или питания:
 - дождитесь индикации разрядки (если реализована);

- дополнительно выдержите регламентированную паузу, указанную в разделе «Подготовка к работе и подключение»;
- при необходимости используйте штатные цепи разряда либо внешнее разрядное устройство, подключаемое через соответствующий резистор, а не прямое короткое замыкание.
- Перед касанием нагрузок и выводов всегда проверяйте отсутствие напряжения измерительным прибором, рассчитанным на соответствующий диапазон и категорию измерений.

2.8 Действия при аварии и поражении электрическим током

В случае подозрения на поражение человека электрическим током или возникновения неконтролируемой ситуации:

1. Немедленно обесточьте систему: по возможности кнопкой аварийного отключения или сетевым выключателем, либо на распределительном щите (если вы обучены и имеете право это делать).
2. Не прикасайтесь к пострадавшему голыми руками, пока не уверены, что цепь обесточена. Используйте сухой изолирующий предмет для отделения пострадавшего от проводящих частей, если это безопасно для вас.
3. Вызовите службу экстренной помощи в соответствии с локальными правилами.
4. После стабилизации ситуации не возобновляйте работу, пока:
 - не выяснены причины происшествия;
 - не проведён осмотр оборудования и не устранены неисправности;
 - ответственное лицо не разрешит повторное включение.

2.9 Запрещённые действия

Категорически запрещается:

- открывать корпус Gen-A201 и выполнять любые работы внутри устройства под напряжением; внутреннее обслуживание и ремонт должен выполнять только авторизованный персонал;
- самостоятельно изменять схему устройства, отключать или обходить защитные цепи, блокировки крышек, цепи контроля заземления;
- использовать прибор в условиях, не соответствующих указанным в разделе «Условия эксплуатации» (высокая влажность, наличие конденсата, агрессивные среды);
- подключать к выходам Gen-A201:

- нагрузки, не соответствующие допустимому диапазону сопротивления/ёмкости;
- несертифицированные самодельные кабели без достаточной изоляции;
- оборудование, не предназначенное для работы с такими уровнями напряжения.
- оставлять устройство без присмотра при включённых высоковольтных выходах, если это не предусмотрено регламентом и системой ограждений;
- размещать на корпусе прибора и на высоковольтных кабелях посторонние предметы, накрывать их тканью, бумагой и т.п.

ПРИМЕЧАНИЕ

Дополнительные меры безопасности, связанные с конкретной схемой подключения и типом нагрузки, приведены в разделах «Подготовка к работе и подключение». Пользователь обязан оценивать риск с учётом конкретного применения и, при необходимости, разрабатывать локальные инструкции на основе настоящего руководства и применимых стандартов.

3. Условия эксплуатации

3.1 Температура окружающей среды

Gen-A201 предназначен для эксплуатации в стандартных лабораторных условиях внутри помещений.

- Рекомендуемый диапазон рабочей температуры: от +10 °C до +30 °C;
- Допустимый диапазон рабочей температуры: от +5 °C до +40 °C (в пределах паспортных характеристик).

При приближении к верхней границе диапазона (около +40 °C) возможно повышение температуры корпуса и внутреннего оборудования, что следует учитывать при длительной работе на максимальных нагрузках.

ВНИМАНИЕ

Не эксплуатируйте устройство при температуре ниже +5 °C, в условиях резких перепадов температуры (риск конденсации), а также вблизи источников интенсивного тепла (радиаторы, печи, прямое солнце).

3.2 Относительная влажность и отсутствие конденсации

- Диапазон относительной влажности при эксплуатации: от 5 % до 70 % без конденсации;
- не допускается образование конденсата на корпусе и внутренних частях устройства.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Работа при высокой влажности с конденсацией на изоляции и проводниках может привести к пробоям, токам утечки и опасным ситуациям для персонала. При заносе холодного прибора в тёплое помещение выдержите не менее 2 часов до включения, чтобы влага успела испариться.

3.3 Высота над уровнем моря

Максимальная высота эксплуатации: до 2000 м над уровнем моря без снижения характеристик.

Эксплуатация на большей высоте возможна только при дополнительной оценке риска (уменьшение диэлектрической прочности воздуха, необходимость увеличенных воздушных зазоров и т.д.) и отнесении ответственности к пользователю.

3.4 Степень загрязнения

Gen-A201 рассчитан на работу в условиях степени загрязнения 2 по IEC 61010-1 / IEC 60664-1:

- обычно присутствует только нелетящая непроводящая загрязнённость (пыль, отложения);
- временная проводимость загрязнителей возможна из-за кратковременной конденсации влаги.

Такая степень загрязнения соответствует типичной лабораторной или офисной среде, но не тяжёлым промышленным или уличным условиям.

ОПАСНОСТЬ

Не допускается эксплуатация устройства:

- во взрывоопасных зонах;
- в помещениях с сильно запылённым воздухом, токопроводящей пылью, аэрозолями, агрессивными газами;
- в условиях устойчивой сырости, капельной влаги, дождя или прямого воздействия воды.

3.5 Требования к размещению и вентиляции

Для безопасной и надёжной работы Gen-A201 необходимо обеспечить правильное размещение и свободный доступ к приточно-вытяжной вентиляции.

- устанавливайте устройство на устойчивую, ровную, негорючую поверхность;
- обеспечьте минимальные расстояния:
 - не менее 10 см от задней панели и боковых поверхностей до любых препятствий;

- отсутствие предметов, блокирующих вентиляционные отверстия и выход воздуха от вентиляторов.
- не накрывайте прибор бумагой, тканью, коробками и другими предметами;
- вокруг прибора и высоковольтных кабелей должна быть организована «рабочая зона», в которой запрещено:
 - хранение и размещение хлама, инструментов, кабелей, не относящихся к испытанию;
 - размещение посуды с напитками, еды, химических растворов и легковоспламеняющихся материалов;
 - свободное перемещение посторонних людей, детей и животных;
 - использование зоны как прохода (коридора).

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Организируйте рабочее место так, чтобы при случайном движении (махи рукой, поворот, спотыкание и т.п.) было невозможно задеть высоковольтные кабели, крокодильные зажимы или сам прибор. При необходимости используйте ограждения, маркеры на полу и предупреждающие таблички.

ПРИМЕЧАНИЕ

Выбор конкретной схемы ограждений и организации рабочего пространства остаётся на ответственности пользователя и должен соответствовать локальным нормам по охране труда и электробезопасности.

3.6 Условия хранения и транспортировки

При хранении и транспортировке устройства (в выключенном состоянии и без подачи напряжения):

- температура хранения: от $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- относительная влажность при хранении: от 5 % до 80 % без конденсации.

Устройство должно быть защищено от:

- прямого воздействия влаги, дождя, снега;
- ударов, падений, сильной вибрации;
- агрессивных химических сред;
- длительного воздействия прямого солнечного света.

ВНИМАНИЕ

Перед вводом в эксплуатацию после транспортировки или длительного хранения:

1. осмотрите корпус и кабели на предмет механических повреждений;
2. выдержите прибор в помещении при рабочих условиях не менее 2 часов до включения, чтобы избежать конденсации влаги;
3. при наличии сомнений в целостности изоляции высоковольтных кабелей не используйте устройство до проведения дополнительной проверки компетентным персоналом.

4. Обзор устройства Gen-A201

4.1 Назначение и область применения

Gen-A201 — это двухканальный высоковольтный источник сигналов до 20 кВ, предназначенный для формирования заданных временных профилей напряжения на испытываемой нагрузке.

Устройство предназначено для:

- лабораторных и промышленных испытаний плёночных и других диэлектрических образцов, работающих под высоким напряжением;
- тестирования материалов и конструкций с ёмкостным характером нагрузки (поведение как у конденсатора);
- исследований долговременной стойкости, деградации и отклика образцов на различные формы высоковольтного сигнала.

Типичные нагрузки:

- ёмкостные объекты с эффективной ёмкостью порядка до 10 пФ — при этом доступен полный частотный диапазон устройства;
- более ёмкие нагрузки (примерно до 100–200 пФ), при этом максимальная рабочая частота и скорость изменения напряжения могут быть ограничены пользователем в профилях.

4.2 Основные функции и особенности

- Два независимых канала высоковольтного сигнала (CH1 и CH2).
- Диапазон выходного напряжения каждого канала: 200 ... 20000 В с шагом уставки 50 В.
- Максимальный рабочий ток нагрузки: до 5 мА на канал (при соблюдении условий эксплуатации).
- Диапазон частот сигналов: 0,001 ... 1000 Гц.
- Поддерживаемые формы сигнала:

- постоянное напряжение (DC);
- синус;
- треугольник;
- пила;
- меандр с настраиваемой скважностью.
- Профили:
 - до 32 профилей на канал;
 - до 32 шагов (фреймов) в каждом профиле;
 - для каждого шага задаются: целевое напряжение, частота, форма сигнала, длительность шага, время нарастания (ramp), а для меандра — скважность.
- Защита:
 - защита по превышению тока (ограничение короткого импульса до порядка 15 мА, длительность срабатывания типично 0,5 мс, не более 1 мс);
 - защита по превышению напряжения и некорректным профилям;
 - фиксация аварийного состояния с выводом сообщения на экран и требованием подтверждения оператором.
- Наличие локального интерфейса HMI (экран + кнопки) и связи с ПК через USB-B (виртуальный COM-порт) для загрузки профилей.
- Потребляемая мощность при работе двух каналов на 20 кВ постоянного тока и максимальной нагрузке — до 1,3 кВт.
- Способ установки — настольное исполнение, рекомендуется размещение в шкафу с защитным экраном или ограждением.

4.3 Нагрузки

- Рекомендуемый тип нагрузки: преимущественно ёмкостная (как конденсатор).
- Типовой диапазон ёмкости для сохранения полного частотного диапазона: до 10 пФ.
- Допускается работа с нагрузками повышенной ёмкости (ориентировочно до 100–200 пФ), при этом:
 - максимально достижимая частота и скорость изменения напряжения могут снижаться;
 - возможны увеличенные времена установления при переходе между шагами профиля;
 - растёт тепловая нагрузка на силовую часть.

4.4 Внешний вид и органы управления

Основной блок Gen-A201 содержит:

- фронтальную панель с экраном, кнопками управления и кнопкой-грибком аварийной остановки с под-

светкой;

- заднюю панель с разъёмами сетевого питания, межблочного соединения с внешним блоком питания, а также высоковольтными выходными кабелями (жёстко закреплёнными) или их вводами.



Рис. 2: Передняя панель Gen-A201: экран, кнопки управления и кнопка аварийной остановки.



Рис. 3: Задняя панель Gen-A201: разъёмы питания, межблочные соединения и выходные кабели.

5. Технические характеристики

5.1 Основные параметры

Параметр	Значение
Количество каналов	2 независимых высоковольтных канала (CH1, CH2)
Диапазон выходного напряжения	200 ...20000 В (шаг установки 50 В)
Тип нагрузки	преимущественно ёмкостная, см. раздел 4
Максимальный рабочий ток	до 5 мА на канал (типовое значение)
Диапазон частот сигнала	0,001 ...1000Гц
Формы сигнала	DC, синус, треугольник, пила, меандр (рег. скважность)
Количество профилей	до 32 профилей на каждый канал
Количество шагов в профиле	до 32 шагов (фреймов) на профиль
Интерфейс с ПК	USB-B (виртуальный COM-порт)
Локальный интерфейс	HMI: экран + 5 кнопок + кнопка аварийной остановки
Питание	внешний блок и основной HV-модуль, сеть 220В
Максимальная потребляемая мощность	до 1,3 кВт при работе двух каналов на 20 кВ DC и макс. нагрузке
Рекомендуемый способ установки	настольное исполнение, установка в шкаф с защитным экраном

5.2 Защита и безопасность

- защита по превышению тока нагрузки;
- защита по превышению напряжения и некорректным параметрам профиля;
- фиксация аварийного состояния с блокировкой повторного запуска до подтверждения оператором;
- аппаратная кнопка аварийной остановки (грибок) с подсветкой.

6. Быстрый старт (Quick Start)

ПРИМЕЧАНИЕ

Данный раздел описывает минимально необходимую последовательность действий для запуска предустановленного тестового профиля на канале 1. Перед первым запуском обязательно ознакомьтесь с разделами «Юридические оговорки и область применения», «Общие меры безопасности» и «Условия эксплуатации».

6.1 Подготовка к первому запуску

1. **Соедините блоки между собой.** Подключите специальный межблочный кабель между основным высоковольтным модулем Gen-A201 и внешним блоком питания на 210В постоянной.
2. **Подключите оба блока к сети 220В.** Используйте стандартные сетевые кабели. Убедитесь, что розетки исправны и имеют защитное заземление.
3. **Убедитесь, что кнопка аварийной остановки отжата.** Кнопка-грибок должна быть в положении «отпущено» (не утоплена).

6.2 Шаги быстрого запуска предустановленного профиля

1. **Включите питание устройств.**
 - Включите заднюю кнопку питания на основном блоке.
 - Включите красную кнопку питания на передней панели блока питания.

При включении основной блок выполнит краткое самотестирование: кнопка-грибок может кратковременно мигнуть, затем включится экран.

2. **Убедитесь в наличии предустановленного профиля.** На устройстве имеется предустановленный **профиль №1** (например, простой профиль на 5 кВ для канала 1).
3. **Выберите канал 1.** Нажмите один раз самую правую кнопку **CH** (выбор канала). На экране в правом верхнем углу должно появиться обозначение **«CH1»**, подтверждающее, что выбран канал 1.
4. **Просмотрите профиль.** Нажмите самую левую ярко-красную кнопку **ENTER** (выбор профиля/вход в профиль). Устройство перейдёт в меню профиля, где можно просмотреть сценарий выполнения:
 - какие будут напряжения;
 - какая форма и частота сигнала на каждом этапе;

- сколько времени занимает каждый этап.
5. **Запустите профиль.** Ещё раз нажмите эту же левую кнопку и **удерживайте её в течение 2–3 секунд (START 2S)**. После этого:
- прибор включит высоковольтный тракт и начнёт выполнение профиля;
 - лампа индикации в кнопке-грибке начнёт мигать;
 - включится вентилятор охлаждения.
6. **Наблюдайте за выполнением профиля.** На экране отображаются:
- текущий этап (фрейм) профиля;
 - целевой амплитудный уровень напряжения (может быть чуть ниже реального из-за алгоритмов усреднения);
 - амплитудный ток;
 - оставшееся время до конца текущего фрейма;
 - параметры текущего фрейма (форма, частота, скажность для меандра).

Дополнительные детали интерфейса см. в разделе «Работа с интерфейсом (HMI)».

7. **Остановка профиля.**
- Для **досрочной штатной остановки** нажмите левую кнопку **STOP** (та же, что ENTER/START 2S).
 - При **аварийной ситуации** нажмите кнопку-грибок «Авария». Эта кнопка является штатной и не приводит к порче прибора, допускается её многократное использование в течение всего срока эксплуатации.

После завершения работы всех этапов профиля прибор выведет надпись «**DONE**» в верхнем левом углу экрана, а лампа индикации перестанет мигать. Далее можно ещё раз нажать левую кнопку, чтобы вернуться в главное меню выбора профилей.

ОПАСНОСТЬ

Не выключайте прибор из сети до полной остановки вентилятора. После завершения профиля вентилятор продолжит работу для охлаждения внутренних узлов и автоматически выключится примерно через 5 минут. Только после остановки вентилятора допускается выключать питание и отключать устройство от сети.

ПРИМЕЧАНИЕ

Подробные схемы подключения, описание кнопок, структуры меню и профилей приведены в разделах «Подготовка к работе и подключение», «Работа с интерфейсом (HMI)». Раздел «Быстрый старт» предназначен только для иллюстрации типичного сценария первоначального запуска.

7. Подготовка к работе и подключение

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Все операции по подключению и переподключению высоковольтных кабелей и нагрузки выполняйте только при отключённом питании.

7.1 Требования к заземлению

ОПАСНОСТЬ

Gen-A201 относится к оборудованию, работающему с опасными напряжениями. Эксплуатация без корректного защитного заземления (PE) категорически запрещена.

- Оба блока системы Gen-A201:
 - основной высоковольтный модуль (основной блок);
 - блок питания на 210В постоянного тока, должны быть подключены к сетевым розеткам с рабочим защитным контактом PE.
- Не используйте переходники и удлинители, которые отключают или обходят контакт защитного проводника.
- Если на корпусе основного блока предусмотрена отдельная клемма заземления, её следует подключить к системе уравнивания потенциалов рабочей зоны согласно локальным нормам.
- Не допускается:
 - намеренно разрывать цепь PE;
 - подключать PE к случайным предметам (отопительные батареи, трубы и т.п.), если это не соответствует местным правилам;
 - использовать повреждённые сетевые кабели и вилки, в которых не обеспечен надёжный контакт PE.

7.2 Подключение блоков к сети питания

Система Gen-A201 состоит из двух блоков:

- Основной высоковольтный модуль (основной блок);
- Блок питания, формирующий постоянное напряжение порядка 210В для питания высоковольтной части.

Оба блока подключаются к сети 220В (50/60Гц) стандартными сетевыми кабелями.

Рекомендуемый порядок:

1. Убедитесь, что:
 - оба блока выключены (кнопка питания на основном блоке в положении «ВЫКЛ», красная кнопка питания на блоке питания — отпущена);
 - кнопка-грибок «Авария» на основном блоке нажата (в утопленном состоянии) либо, как минимум, вы осознаёте её текущее состояние.
2. Подключите **межблочный кабель** между блоком питания и основным блоком в соответствии с маркировкой разъёмов.
3. Подключите оба блока к сети 220В с защитным проводником РЕ.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если блок питания не подключен межблочным кабелем к основному блоку, прибор просто не будет формировать высокое напряжение, но это не приводит к его повреждению.

7.3 Подключение к нагрузке

Основной блок Gen-A201 имеет жёстко закреплённые высоковольтные кабели (без разъёмов) для каждого канала:

- по два кабеля на канал — чёрный (минус) и синий (плюс);
- на концах предусмотрена маркировка «СН1» и «СН2»;
- на концах кабелей установлены зажимы типа «крокодил».

Кабели выполнены из высоковольтного силикона (рабочее напряжение до 30 кВ), поэтому:

- не допускайте контакта кабелей с острыми предметами и кромками;
- избегайте пережатия, сильных перегибов и натяжения;
- не допускайте загрязнения кабелей токопроводящей пылью, влагой, остатками металла и т.п.

ОПАСНОСТЬ

Во время работы прибора:

- **запрещается трогать** высоковольтные кабели и зажимы;
- **запрещается переподключать** крокодильи на нагрузке;
- любые изменения схемы подключения должны выполняться только после остановки профиля, отключения питания и выдержки времени разрядки.

Рекомендуется:

- обеспечивать надёжный контакт крокодильных зажимов с чистой металлической частью нагрузки;
- по возможности использовать отдельные контактные площадки/шины, а не «лохматые» провода;
- организовать механическое крепление проводов и нагрузки, чтобы исключить случайные сдвиги.



Рис. 4: Пример подключения высоковольтных кабелей Gen-A201 к нагрузке.

7.4 Проверка схемы до первого включения

Перед первым включением стенда с подключённым Gen-A201:

1. Визуально проверьте:
 - правильность подключения кабелей СН1/СН2 к нагрузке;
 - отсутствие случайных перемычек между каналами и землёй, не предусмотренных схемой;
 - отсутствие посторонних предметов в зоне высоковольтных проводников.
2. Убедитесь, что:
 - все ограждения и защитные крышки установлены;

- доступ посторонних лиц к высоковольтной зоне исключён.
3. При необходимости измерьте сопротивление между выходными зажимами и землёй (при отключённом приборе) и убедитесь, что оно соответствует ожидаемым значениям по вашей схеме.

7.5 Последовательность первого включения и штатного выключения

Рекомендуемый порядок первого включения:

1. Соедините блок питания и основной блок специальным межблочным кабелем.
2. Подключите оба блока к сети 220В.
3. Проверьте:
 - подключение выходных высоковольтных кабелей;
 - отсутствие посторонних предметов и проводников в высоковольтной зоне;
 - что нагрузка подключена согласно схеме.
4. Включите основной блок (задняя кнопка питания):
 - кнопка-грибок может мигнуть несколько раз, сигнализируя о самотестировании;
 - далее включится экран HMI.
5. Включите блок питания (красная кнопка на передней панели).
6. Убедитесь, что кнопка «Авария» отжата. При необходимости отожмите её рукой.
7. Перейдите к управлению через интерфейс (см. раздел 9 «Работа с интерфейсом (HMI)» и раздел о профилях).

7.6 Штатное выключение:

1. Остановите выполняемый профиль (кнопка STOP) и дождитесь надписи «DONE» на экране.
2. Убедитесь, что лампа в кнопке-грибке перестала мигать.
3. Дождитесь полной остановки вентилятора — он продолжает работать ещё около 5 минут для охлаждения.
4. Только после остановки вентилятора:
 - выключите блок питания;
 - выключите основной блок;
 - при необходимости отключите кабели от сети.

Нарушение этой последовательности может привести к перегреву и сокращению срока службы устройства.

8. Принцип работы

Данный раздел даёт общее представление о том, как формируется высоковольтный сигнал внутри Gen-A201. Схемные решения могут незначительно отличаться в зависимости от аппаратной ревизии.

8.1 Общая структура формирования высоковольтного сигнала

Высоковольтная часть Gen-A201 питается от внешнего блока питания, который формирует постоянное напряжение порядка 210В. Внутри основного блока реализован высоковольтный преобразователь, включающий:

- силовой трансформатор;
- диодно-ёмкостной умножитель напряжения (каскад конденсаторов и диодов);
- цепи формирования и коммутации формы сигнала.

В результате на выходах каналов формируется высокое напряжение до 20 кВ в соответствии с выбранным профилем и заданной формой сигнала.

8.2 Разрядка умножителя и влияние ёмкости нагрузки

Умножитель напряжения и нагрузки с ёмкостным характером образуют по сути ёмкостную систему, которая накапливает заряд. Для того чтобы иметь возможность достаточно быстро изменять уровень выходного сигнала не только *вверх*, но и *вниз*, внутри схемы предусмотрены резистивные цепи разрядки конденсаторов умножителя;

Однако скорость уменьшения напряжения на выходе определяется суммарной ёмкостью:

- ёмкостью ступеней умножителя;
- ёмкостью высоковольтных кабелей;
- ёмкостью нагрузки (плёнки, конструкции стенда и т.д.).
- Чем больше ёмкость нагрузки, тем медленнее происходит разряд при заданных внутренних резисторах.

8.3 Измерение напряжения и тока

Контроль напряжения и тока в Gen-A201 реализован через:

- резистивные делители и шунты в высоковольтных цепях;
- последующий каскад усилителей без гальванической развязки относительно основной схемы управления.

Это означает:

- измерительные цепи конструктивно связаны с высоковольтной частью устройства;

- выдача «сырых» измерительных сигналов наружу потребовала бы дополнительной сложной развязки и могла бы создать ложное ощущение безопасности.

По этой причине прибор **не имеет дополнительных контрольных аналоговых измерительных выходов**.

Показания напряжения и тока отображаются на экране HMI и используются для работы защит.

8.4 Формирование профиля и отсутствие обратной связи по нагрузке

Формирование формы выходного напряжения реализовано по принципу LUT (таблицы значений):

- для каждой комбинации напряжения, частоты и формы сигнала в профиле предварительно рассчитывается внутренний набор управляющих параметров;
- устройство воспроизводит сигнал в соответствии с этими данными.

Важно:

- нет замкнутой петли обратной связи по выходному напряжению с высокой скоростью регуляции (классического «жёсткого» стабилизатора);
- напряжение контролируется и ограничивается по защитам, но *динамика* и *тонкая стабилизация* зависят от типа нагрузки.

При значительной резистивной нагрузке амплитуда выходного напряжения может **проседать** относительно заданного значения, особенно:

- на высоких уровнях напряжения;
- при высокой частоте;
- при комбинированной RLC-нагрузке.

9. Работа с интерфейсом (HMI)

9.1 Общая компоновка органов управления

На передней панели основного блока расположены:

- экран индикации (HMI);
- **5 кнопок управления** под экраном;
- кнопка-грибок «Авария» со встроенной **лампой индикации работы**.

Особенности:

- лампа в кнопке-грибке мигает, когда прибор подаёт высокое напряжение на выход;
- в штатном режиме все кнопки имеют подписи (обозначения) в нижней части экрана над соответствующей кнопкой.

Для удобства в руководстве используются условные обозначения кнопок:

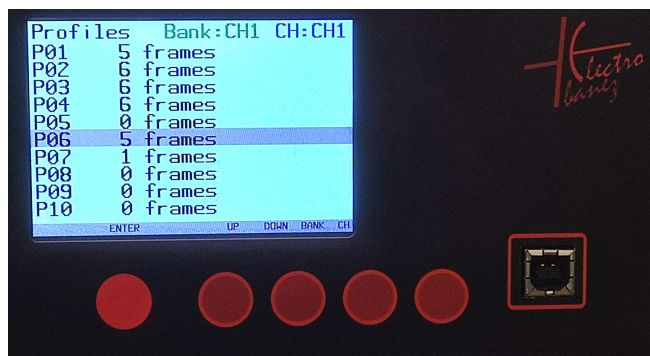


Рис. 5: Пример экрана HMI и расположения кнопок управления.

- самая левая кнопка — ENTER / START 2S / STOP / ACK (функция зависит от режима: вход в профиль / запуск / остановка / подтверждение);
- вторая слева — UP (перемещение по спискам вверх);
- средняя — DOWN (перемещение по спискам вниз);
- вторая справа — BANK / BACK:
 - в основном меню профилей — выбор банка профилей (канала);
 - внутри профиля — возврат BACK в главное меню;
- самая правая — CH (выбор канала для запуска).

9.2 Основной экран и выбор канала/банка профилей

На основном экране отображаются:

- список доступных профилей;
- текущий выбранный **канал** (CH1, CH2 или 1+2);
- текущий **банк профилей** (для какого канала показывается список).

Поведение кнопок:

- нажатие CH (самая правая) циклически переключает режим:

CH1 → CH2 → 1+2

В правом верхнем углу отображается выбранный режим, подсвеченный, условно, синим цветом;

- нажатие BANK (вторая справа, в этом режиме — BANK) переключает, для какого канала показан список профилей:

BANK CH1 ↔ BANK CH2

Текущий банк подсвечивается в верхней части экрана (условно зелёным по центру).

Логика:

- режим CH определяет, **какие каналы фактически будут участвовать** в запуске профиля (CH1, CH2 или оба);

- режим BANK определяет, для какого канала вы сейчас выбираете/просматриваете профиль в списке.

9.3 Навигация по профилям

- кнопки UP и DOWN (вторая и третья слева) используются для перемещения по списку профилей;
- выбранный профиль визуально подсвечивается (курсор/маркер строки).

Пример типичного сценария:

1. Выберите канал с помощью кнопки CH (например, CH1 или 1+2).
2. Убедитесь, что выбран нужный банк профилей с помощью BANK (например, BANK CH1).
3. Кнопками UP/DOWN выберите нужный профиль (строка подсвечивается).
4. Если требуется назначить разные профили на CH1 и CH2:
 - (a) выберите профиль для первого канала при BANK CH1;
 - (b) нажмите BANK, переключитесь на BANK CH2;
 - (c) кнопками UP/DOWN выберите профиль для второго канала;
 - (d) при необходимости несколько раз переходите между BANK CH1/CH2 — выбранные строки для каждого канала запоминаются.

9.4 Просмотр содержимого профиля

Idx	a[V]	f[Hz]	T[s]	tr[s]	shape	duty
F00	3000	10.000	10.00	0.20	sin	0.500
F01	3000	30.000	3.00	0.20	sin	0.500
F02	3000	50.000	3.00	0.20	sin	0.500
F03	3000	2.000	3.00	0.20	sin	0.500
F04	3000	10.000	3.00	0.20	sin	0.500

Рис. 6: Пример экрана с этапами профиля.

Чтобы посмотреть этапы (фреймы) выбранного профиля:

1. Установите курсор на нужный профиль в списке.
2. Нажмите ENTER (самая левая кнопка — в этом режиме она подписана как ENTER).

Откроется экран просмотра профиля:

- каждый профиль состоит из набора **фреймов (этапов)**;
- каждый фрейм отображается отдельной строкой с полями:
 - номер фрейма (начиная с 0);
 - напряжение в вольтах;
 - частота в герцах;
 - время выполнения фрейма в секундах;
 - время нарастания до указанного значения в секундах;
 - форма сигнала (синус, треугольник, пила, меандр, DC);
 - скважность (для меандра).

В верхней части экрана обычно выводится строка заголовков, поясняющая порядок и значение колонок. Кнопки UP / DOWN пролистывают фреймы профиля. Для возврата в основное меню выбора профилей нажмите BACK (вторая справа — в этом режиме подписана как BACK).

9.5 Запуск, выполнение и остановка профиля

При запуске профиля роль левой кнопки меняется:

- в режиме выбора профиля — ENTER;
- в режиме готовности к запуску — START 2S (запуск при удержании 2–3 секунды);
- в режиме работы — STOP (штатная остановка);
- в режиме подтверждения предупреждений — ACK.

Типичный порядок:

1. Выберите профиль и, при необходимости, просмотрите его содержимое.
2. Вернитесь в основное меню профилей (если нужно).
3. Нажмите и удерживайте левую кнопку START 2S в течение 2–3 секунд.

При успешном запуске:

- прибор включает высоковольтный тракт и начинает выполнение профиля;
- лампа в кнопке-грибке начинает мигать;
- включается вентилятор охлаждения.

Во время выполнения профиля на экране отображаются:

- текущий номер фрейма;
- целевой амплитудный уровень напряжения (может быть слегка усреднён);
- амплитудный ток;
- оставшееся время до конца текущего фрейма;
- параметры текущего фрейма (форма сигнала, частота, скважность для меандра и т.п.).
- **Штатная досрочная остановка:** нажмите левую кнопку STOP (кратковременно). Прибор выключит

высоковольтный выход и вернётся в безопасное состояние.

- **Аварийная остановка:** нажмите кнопку-грибок «Авария». Это штатный элемент управления, его многократное использование не вредит прибору.

После завершения всех этапов профиля:

- на экране появляется надпись «**DONE**» в верхнем левом углу;
- лампа в кнопке-грибке перестаёт мигать;
- повторное нажатие левой кнопки возвращает в основное меню.

9.6 Предупреждения, аварии и подтверждение (АСК)

При превышении предельных значений (тока, напряжения и др.) прибор:

1. автоматически отключает выходное напряжение;
2. отображает на экране соответствующее предупреждение/сообщение об ошибке.

Для снятия предупреждения (после устранения причины):

- нажмите левую кнопку АСК — в этом режиме она выполняет функцию подтверждения;
- после подтверждения можно вернуться к нормальной работе и, при необходимости, повторно загрузить профиль.

Если на экране отображается сообщение о нажатой кнопке "АВАРИЯ":

1. убедитесь, что в высоковольтной зоне нет опасных ситуаций;
2. при отсутствии опасности отожмите кнопку-грибок;
3. подтвердите сообщение при необходимости с помощью АСК.

9.7 Важное замечание о выключении прибора

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Не выключайте прибор из сети сразу после завершения профиля. После остановки профиля вентилятор охлаждения продолжает работать ещё около 5 минут. Только после автоматической остановки вентилятора допускается отключать питание и обесточивать стенд.

Это требование критично для долговечности и безопасной работы устройства.

10. Работа с программным обеспечением на ПК

10.1 Назначение программы

Для подготовки и загрузки профилей в Gen-A201 используется утилита `hv_sender`, поставляемая в двух вариантах:

- готовый исполняемый файл для Windows: `hv_sender_v18.exe`;
- исходный Python-скрипт: `hv_sender_v18.pyw` (для пользователей, предпочитающих запуск через установленный Python).

Программа выполняет следующие функции:

- проверяет текстовый файл профиля на корректность структуры и диапазонов;
- формирует бинарный пакет в требуемом устройством формате;
- отправляет его по виртуальному COM-порту (USB) в прибор;
- принимает и отображает ответ от устройства (успех, ошибка, код ошибки).

ПРИМЕЧАНИЕ

Рекомендуемый способ для большинства пользователей — использование готового файла `hv_sender_v18.exe`. Вариант с запуском скрипта `hv_sender_v18.pyw` через установленный Python предназначен для продвинутых пользователей и разработчиков.

10.2 Требования к системе

Для запуска готового `.exe`:

- ПК с ОС Windows 10/11;
- при необходимости — установленный драйвер USB-UART (например, CH340) для интерфейса устройства;
- свободный USB-порт для подключения Gen-A201;
- права пользователя, позволяющие запускать исполняемые файлы и работать с COM-портами.

Дополнительно для запуска `.pyw`-скрипта: Если планируется запуск `hv_sender_v18.pyw` как Python-приложения, дополнительно требуются:

- установленный интерпретатор Python 3.x (рекомендуется версия 3.9 и выше);
- установленные пакеты Python:
 - `PyQt6` — графический интерфейс;
 - `pyserial` — доступ к COM-порту.

10.3 Установка необходимых библиотек (для варианта с Python-скриптом)

После установки Python откройте командную строку (PowerShell или cmd) и выполните:

```
pip install PyQt6 pyserial
```

Скопируйте файл `hv_sender_v18.pyw` в отдельную папку (например, `C:\GenA201\hv_sender\`).

10.4 Запуск программы

Вариант 1. Использование готового `hv_sender_v18.exe`

- дважды щёлкните по файлу `hv_sender_v18.exe` в проводнике Windows;
- при необходимости подтвердите запуск в диалоге контроля учётных записей (UAC).

После этого откроется главное окно программы.

Вариант 2. Запуск `hv_sender_v18.pyw` через Python

- при настроенных ассоциациях в системе — двойной клик по файлу `hv_sender_v18.pyw`;
- либо запуск из командной строки:

```
cd C:\GenA201\hv_sender
python hv_sender_v18.pyw
```

В обоих случаях после успешного запуска открывается одно и то же графическое окно утилиты, дальнейшая работа с программой описана в последующих подразделах.

10.5 Обзор интерфейса программы

В главном окне расположены:

- группа «**Файл**»:
 - кнопка «Открыть файл» — выбор текстового файла профиля (`.txt`);
 - кнопка «Проверить файл» — проверка структуры и параметров.
- группа «**Ком-порт**»:
 - выпадающий список доступных портов (COM1, COM2, ...);
 - кнопка «Обновить» — перечитать список портов;
 - кнопка «Подключиться» — установить соединение с Gen-A201.
- группа «**Отправка**»:
 - кнопка «Сформировать и отправить» — построить пакет и отправить его в прибор.
- группа «**Вид**»:
 - флажок «Отладка» — включение расширенного вывода в лог;
 - кнопка «Очистить Log» — очистка журнала.

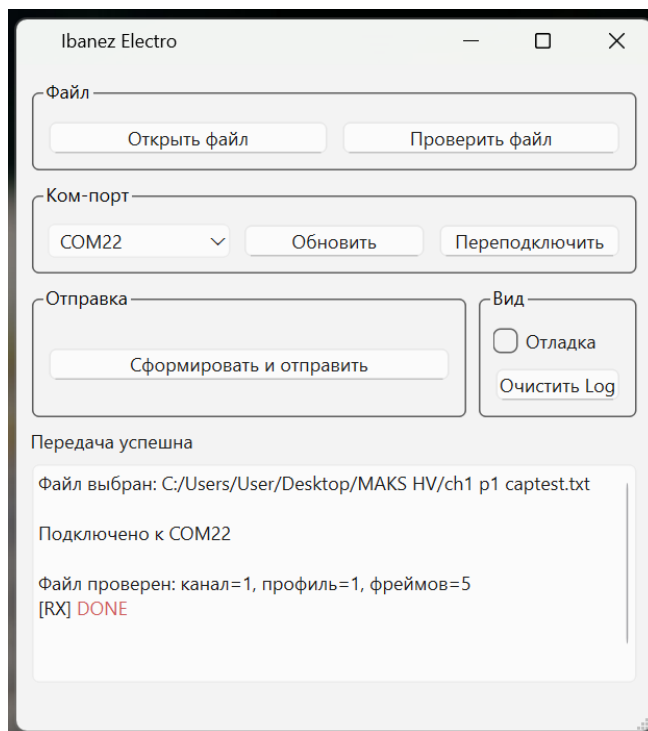


Рис. 7: Главное окно программы загрузки профилей Gen-A201.

- флажок «Отладка» — включение расширенного вывода в лог;
- кнопка «Очистить Log» — очистка журнала.
- строка статуса внизу окна (состояние подключения, результат отправки и т.д.);
- большое окно «**Log**», где отображаются сообщения программы и ответы устройства.

10.6 Подключение к прибору

1. Подключите Gen-A201 к ПК USB-кабелем.
2. Убедитесь, что в системе появился новый COM-порт (определяется диспетчером устройств Windows).
3. В программе нажмите кнопку «Обновить» в группе «Ком-порт» и выберите нужный порт.
4. Нажмите «Подключиться». Программа:
 - открывает выбранный COM-порт (типовая скорость 250000 бод);
 - отправляет в прибор команду идентификации;
 - ждёт ответ (например, `HVOK`) в течение заданного времени.

При успешном подключении в статусной строке появится сообщение «Подключено», а в журнале — строки с информацией о COM-порте и ответе устройства. При ошибке (нет ответа, порт занят, неверный порт) выводится соответствующее сообщение.

10.7 Формат файла профиля

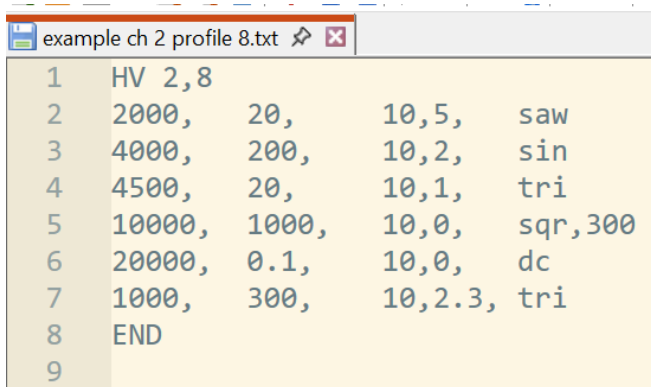


Рис. 8: Формат файла профиля.

Профиль описывается текстовым файлом со следующей структурой:

1. Первая строка — заголовок:

HV канал, профиль

Пример:

HV 1, 2

где:

- канал — номер канала: 1 или 2;
- профиль — номер профиля: от 1 до 32.

2. Далее строки фреймов (этапов профиля): амплитуда, частота, длительность, время нарастания, форма, скважность (для меандра). Примеры:

```
10000, 0.1, 3.5, 2.1, sin
5000, 50, 0.5, 0.1, sqr, 300
```

Параметры:

- амплитуда — В, 0...20000, обязательно кратна 50;
- частота — Гц, 0,001...1000,0;
- длительность — с, 0,01...60000,0;
- время_нарастания — с, 0...длительность (строго меньше длительности);
- форма — одна из: dc, sin, sqr, tri, saw;
- скважность (только для sqr) — 0...1000, при отсутствии задаётся значением по умолчанию (например, 500 = 50 %).

3. Последняя строка — END:

END

Дополнительные условия:

- файл не должен быть пустым;
- количество фреймов — от 1 до 32;
- пустые строки внутри файла игнорируются;
- последняя *непустая* строка обязана быть END.

10.8 Проверка файла и отправка профиля

Проверка.

1. Нажмите «Открыть файл» и выберите нужный .txt.
2. Нажмите «Проверить файл».

Программа проверит:

- формат заголовка (HV канал, профиль);
- наличие строки END;
- количество фреймов (1...32);
- диапазоны и формат параметров всех фреймов.

При успехе появится окно с подтверждением и строки в журнале с информацией. При ошибке выводится сообщение с указанием номера строки и типа ошибки (амплитуда не кратна 50, форма сигнала некорректна, неверное количество параметров и т.п.).

Отправка. После успешной проверки:

1. Убедитесь, что программа «Подключена» к нужному COM-порту.
2. Нажмите «Сформировать и отправить».

Программа:

- формирует бинарный пакет, включающий:
 - номер канала, номер профиля, число фреймов;
 - параметры всех фреймов в целочисленном виде (амплитуда, частота*1000, время*100 и т.п.);
- отправляет пакет в Gen-A201;
- ждёт ответ в течение ограниченного времени (типично до 10 с).

Возможные ответы:

- DONE — профиль принят и успешно обработан;
- FAIL — ошибка обработки;
- ERR. . . — текстовое сообщение об ошибке/код.

Результат отображается в статусной строке и в журнале.

10.9 Журнал (Log) и режим «Отладка»

Окно «Log» показывает:

- служебные сообщения программы (открытие порта, проверка файла, отправка);
- принятые от устройства строки (обычно с префиксом [RX] или аналогичным);
- при включённом флажке «Отладка» — дополнительную подробную информацию:
 - разбор пакета по словам;
 - вывод содержимого отправленных/принятых данных в hex;
 - сообщения о тайм-аутах и повторных попытках.

Кнопка «Очистить Log» очищает окно журнала, не влияя на подключение к прибору.

10.10 Типичные проблемы при работе с программой

- **Файл не проходит проверку.** Проверьте формат заголовка, количество параметров, диапазоны и кратность амплитуды 50 В; исправьте файл и повторите проверку.
- **Не удаётся подключиться к COM-порту.** Выбран неверный порт, порт занят другой программой, не установлен драйвер USB-UART — закройте другие программы, переподключите кабель, выберите правильный порт.
- **Нет ответа от устройства при отправке профиля.** Проверьте, что прибор включен, нет аварии, выбран правильный COM-порт; при необходимости включите «Отладка» и проанализируйте журнал.

11. Обслуживание и периодическая проверка

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Любые работы по обслуживанию выполняйте только при полностью обесточенном устройстве, после остановки вентилятора и выдержки времени для разрядки внутренних цепей. Вскрытие корпуса и доступ к высоковольтным частям допускается только для квалифицированного персонала.

11.1 Допустимое обслуживание пользователем

Пользователь без специальной сервисной подготовки может выполнять только внешнее обслуживание:

Внешний осмотр корпуса и кабелей.

- Проверяйте отсутствие трещин, вмятин, следов перегрева на корпусе.
- Осматривайте высоковольтные кабели на предмет порезов, трещин изоляции, повреждённых крокодильных зажимов.
- При любых сомнениях в целостности изоляции **не используйте** прибор до проверки специалистом.

Очистка от пыли снаружи.

- Протирайте корпус мягкой слегка влажной (не мокрой) тканью.
- Не используйте растворители, абразивные средства, агрессивную химию.
- Не допускайте попадания жидкости внутрь корпуса, на вентиляционные отверстия и в разъёмы.

Проверка состояния разъёмов и клемм.

- Периодически проверяйте надёжность посадки сетевых кабелей, межблочного кабеля и внешних клемм заземления (если есть).
- Не допускайте «полувставленных» вилок и разъёмов, ослабленных винтовых соединений.

11.2 Внутренняя очистка (только квалифицированный персонал)

ОПАСНОСТЬ

Очистка внутренних узлов от пыли критична для высоковольтного оборудования. Накопившаяся внутри пыль может становиться путём утечки и вызывать дуговые пробой.

Вскрытие корпуса и доступ к внутренним узлам разрешается только квалифицированному персоналу.

Рекомендации:

- Перед вскрытием:
 - остановите все профили и дождитесь **DONE**;
 - дождитесь **остановки вентилятора**;
 - отключите оба блока от сети;
 - выдержите дополнительную паузу для разрядки внутренних цепей.
- Для удаления пыли используйте:
 - сжатый воздух низкого давления (рекомендуется не более ≈ 2 бар);
 - сухой, безмасляный воздух;
 - короткие импульсы, не направляя струю прямо в подшипники вентиляторов и на хрупкие элементы.
- Не допускается:
 - использование бытовых пылесосов с жёсткими насадками по платам;
 - применение металлических щёток, острых предметов и любых инструментов, которые могут повредить изоляцию;
 - нанесение любых жидких чистящих средств внутрь высоковольтного отсека.

После очистки необходимо визуально проверить отсутствие посторонних предметов и ослабленных соединений.

11.3 Периодические проверки

Рекомендуется выполнять следующие работы не реже одного раза в 2 года:

- проверка изоляции и состояния высоковольтных цепей (визуальный осмотр, измерения по внутренним регламентам);

- функциональные тесты:
 - проверка запуска и выполнения стандартных тестовых профилей;
 - контроль корректности индикации, работы защит и аварийной сигнализации;
 - контроль работы вентилятора и температурного режима.

Частота и объём проверок могут быть увеличены при интенсивной эксплуатации или тяжёлых условиях работы.

11.4 Рекомендуемый срок службы

Рекомендуемый срок службы прибора при соблюдении условий эксплуатации и обслуживания — 10 лет.

- После 10 лет эксплуатации рекомендуется провести расширенную диагностику состояния изоляции, высоковольтных модулей и силовой части.
- По результатам диагностики организация-пользователь принимает решение о продолжении эксплуатации, модернизации или замене прибора.

12. Часто задаваемые вопросы и типичные проблемы (FAQ)

«Прибор не включается / нет индикации»

- Проверьте подключение обоих блоков к сети 220В (сетевые кабели вставлены до конца, розетки исправны, есть защитное заземление).
- Убедитесь, что:
 - задняя кнопка питания на основном блоке включена;
 - красная кнопка питания на блоке питания нажата (режим «ВКЛ»).
- Дождитесь окончания самотестирования (кратковременное мигание индикации и запуск экрана).

Если индикации по-прежнему нет, не пытайтесь многократно включать устройство — обратитесь к квалифицированному персоналу.

«Нет связи с ПК»

- Отключите USB-кабель от прибора.
- Полностью закройте программу отправки профилей.
- Снова подключите USB-кабель, убедитесь в появлении COM-порта в системе.
- Запустите программу, нажмите «Обновить» в группе «Ком-порт», выберите корректный порт и нажмите «Подключиться».

При устойчивых проблемах проверьте USB-кабель, порты ПК и права доступа к COM-портам.

«Профиль запускается, но напряжение на выходе и на экране 0»

- Проверьте, подключён ли блок питания к основному модулю штатным межблочным кабелем.
- Убедитесь, что блок питания включён (красная кнопка на передней панели в положении «ВКЛ»).
- Убедитесь, что кнопка «Авария» отжата.
- Проверьте, что выбран корректный канал и профиль, и на экране нет активного аварийного сообщения.

«Постоянно срабатывает защита по току/напряжению»

- Полностью выключите прибор, дождитесь остановки вентилятора и разрядки.
- При подключённой нагрузке измерьте сопротивление между выходными зажимами:
 - если сопротивление близко к нулю или значительно ниже ожидаемого — возможно, нагрузка закорочена или повреждена;
 - проверьте схему подключения на наличие случайных КЗ.

До выяснения причины не запускайте профиль повторно на заведомо аварийной нагрузке.

«Результат испытаний нестабилен»

- Возможен плохой контакт между нагрузкой и крокодильными зажимами:
 - проверьте качество зажима;
 - по возможности используйте нормальные контактные площадки.
- Нагрузка может иметь сравнительно небольшое сопротивление и сильно нагружать прибор, работая на границе допустимого режима.
- Проверьте отображаемые на экране значения напряжения и тока во время работы профиля, при необходимости уменьшите амплитуду или измените профиль.

«Внутри при работе слышны потрескивания»

Потрескивания, щелчки или свист внутри прибора при высоком напряжении могут указывать на:

- накопившуюся пыль, грязь, волосы, насекомых или посторонние предметы внутри корпуса;
- локальные участки, где возникают коронные разряды или дуговые пробои по загрязнённым поверхностям.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

При появлении устойчивых потрескиваний:

1. немедленно остановите профиль и отключите высоковольтный выход;
2. дождитесь остановки вентилятора, затем отключите оба блока от сети;
3. не возобновляйте эксплуатацию до осмотра и очистки внутренних узлов квалифицированным персоналом.

13. Заключение

Благодарим вас за выбор высоковольтного генератора сигналов **Gen-A201**.

Мы надеемся, что устройство станет надёжным и удобным инструментом в вашей лабораторной и исследовательской работе. Пожалуйста, всегда придерживайтесь рекомендаций настоящего руководства, особенно разделов по безопасности, подготовке к работе и обслуживанию — это важно и для вашей безопасности, и для долговечной работы прибора.

При возникновении вопросов, замечаний или предложений по улучшению работы устройства вы можете связаться с производителем по контактам, указанным в сопроводительной документации.

Желаем вам безопасной и продуктивной работы с Gen-A201.